

補助事業番号 2018M-175

補助事業名 平成30年度 小型水力発電用メンテナンスフリー樹脂積層ベアリングの  
開発補助事業

補助事業者名 富山大学 工学部 溝部浩志郎

## 1 研究の概要

本事業では、腐食環境かつメンテナンスフリーであることが要求される小型水力発電用軸受を開発するため、樹脂積層軸受注目し、試験片内に意図的な人工欠陥を導入することでき裂進展過程をシミュレートすることを目的として転がり疲労試験を行った。その結果、試験片外部に開口部のない閉じた欠陥からき裂を発生、進展させ、破壊形態をコントロール下上で疲労寿命を測定することに成功した。

## 2 研究の目的と背景

現在工業的に使用されている軸受の多くは、軸受鋼を用いて作製されている。しかし山中や洋上などのメンテナンスが困難な場所に設置される小水力発電や波力発電機では、軸受鋼では常に水と接触しながら、しかもメンテナンスをほとんど受けられないといった過酷な環境下に置かれる。このような環境では、軸受鋼では設計要求を満たすことができないため、耐腐食性を持ちながら、高荷重にも耐えうる高強度なプラスチック軸受が必要とされている。

申請者はこれまで総切削加工により作成するプラスチック軸受を開発してきた。一連の研究により、PEEK、PPS、PTFEなど、様々な樹脂において検討を行った結果、水中転がり疲労試験におけるプラスチック軸受における破壊モードは、フレーキング(き裂の発生、進展に伴って転導面が損傷する現象)であることを明らかにした。これにより、水中転がり疲労においてはフレーキングを設計基準とすればよいことを明らかにした。しかし、この転がり疲労のき裂進展は、材料内部を進展することからき裂を直接観察することが難しく、これまでいくつかのメカニズムが提案されているものの、統一的な見解が得られていない。

内部き裂進展を観察することが難しかった理由は、き裂のスターターとなる人工的な欠陥を材料内部に作成することができなかつたためである。そこで本申請では3Dプリンタに注目し、高精度な樹脂積層により材料内部に人工欠陥を導入することで、プラスチック軸受の複雑なき裂を再現することを試みた。

## 3 研究内容

(1) 欠陥のない樹脂積層軸受による転がり疲労下のき裂の力学的評価に関する研究

### ①大気中の結果

大気中で行った転がり疲労試験では、従来言われていた「大気中では、樹脂軸受の破壊モードは摩擦摩耗である」といった結果とは異なり、大気中でもき裂を伴う破壊モードによつ

て破壊することがあることを示した。図1に樹脂積層転がり疲労軸受の転がり疲労試験結果を示す。750Nでは摩擦摩耗によってレースが破壊しているのに対し、500Nでは材料が変色し、き裂が発生している。より詳細に観察した結果が図2である。本試験において発生したき裂は、転動体転がり方向と同一の方向に進展することが明らかとなった。

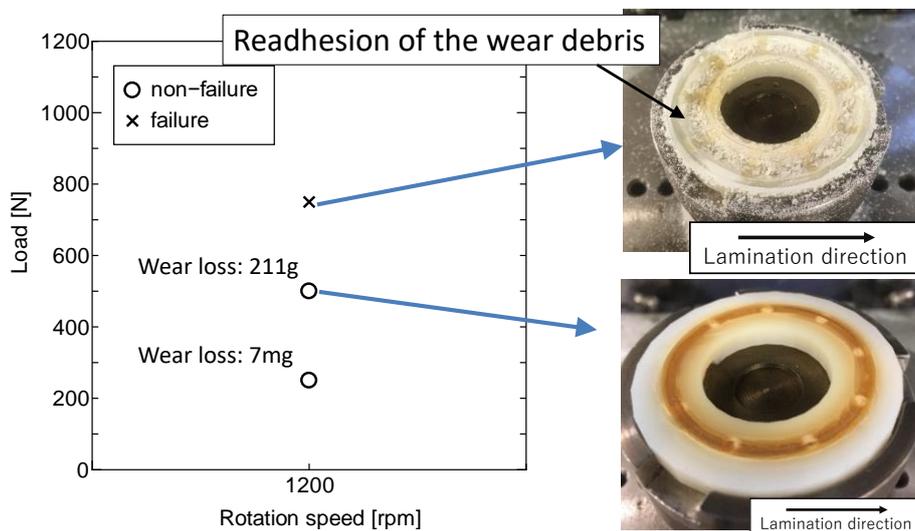


図1 樹脂積層軸受の大气中における破壊モード

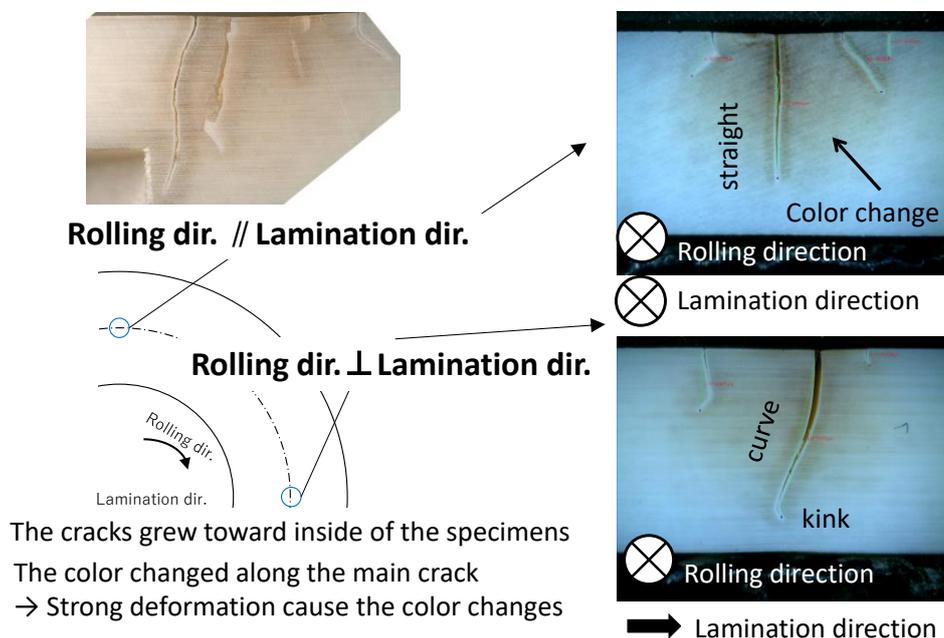


図2 積層方向に対する転がり疲労き裂

## ②水中試験の結果

水中で行った転がり疲労試験では、これまでの樹脂軸受の試験と同様、き裂を伴う破壊モードによって破壊することを示した。しかし、樹脂積層方向とき裂進展方向の関係は明瞭ではなく、おおむね転動体進展方向に依存してき裂が進展した。

(2)欠陥のある樹脂積層軸受による転がり疲労下なき裂の力学的評価に関する研究

### ①水中試験における樹脂軸受の破壊形態の観察

図3に樹脂積層軸受内に導入した微小欠陥の形態を示す。材料内部に複数の微小欠陥を高い精度で導入することに成功した。また、この欠陥は材料表面のどこにも開口部のない閉じた欠陥であるため、材料内部からき裂が発生する場合を完全に模擬することができた。図4にこの欠陥から発生した内部き裂を示す。転動体と接触した部分に表面き裂が一定の間隔を持って均等に導入されると同時に、表面き裂とは独立して内部欠陥から発生したき裂を発見した。

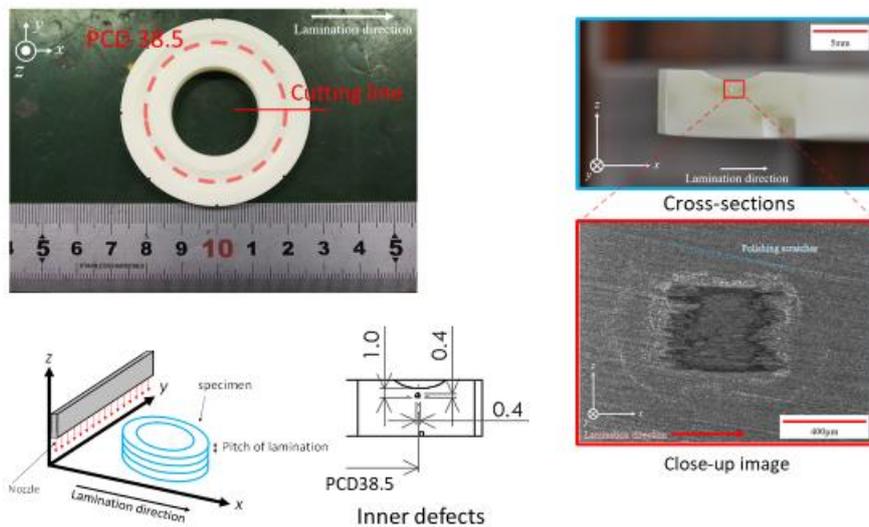


図4 樹脂積層軸受内に導入した微小欠陥の様子

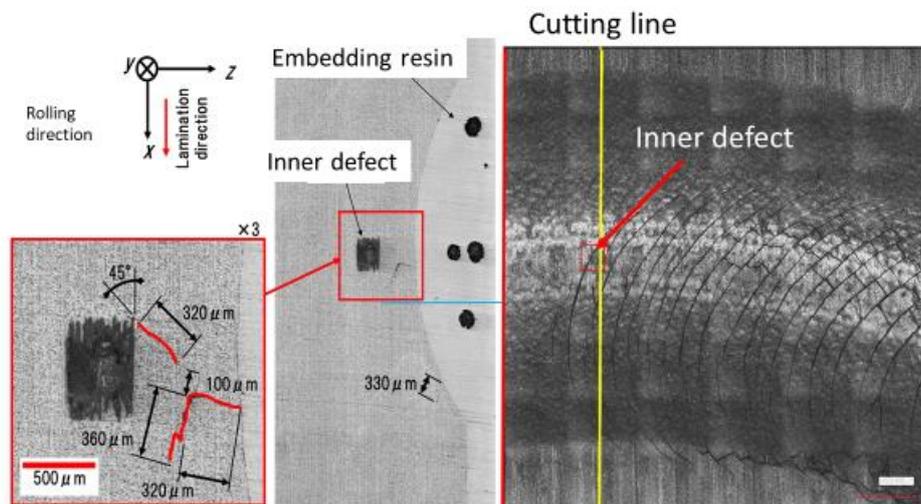


図6 表面き裂と欠陥内部から発生したき裂の関係

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

これまで示してきたように、本研究では小型水力発電用メンテナンスフリー樹脂積層軸受の開発を目的として研究を行った。これを基に、これまで破壊に関するデータが不足しているために構造部材として使うことがためらわれてきた3Dプリンタ製の樹脂部品が、より適切なシチュエーションにおいて使うことが促進されることが期待できる。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者はこれまで樹脂軸受の破壊について、大気中、水中などの様々な環境において研究を行ってきたが、本研究の補助により複数の論文が発表できると同時に、招待講演を行うことができた。また、この成果をまとめることで総説解説記事を書くこともできた。これは、研究代表者の研究歴においてとても重要な役割を果たすといえる。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

1. Koshiro Mizobe, Masahiro Inagaki and Katsuyuki KIDA, Failure observation of 3D-printed thrust bearing specimens at cross section observations in dry conditions, Key Engineering Materials, Vol. 777, pp. 446-450 (2018)

2. 「種々の環境における樹脂転がり軸受の破壊モード」月刊トライボロジー(2018,11月号, No.375)

3. K. Mizobe et al., "Failure Observation of 3D-Printed Thrust Bearing Specimens with Inner Defects in Water Conditions", Key Engineering Materials, Vol. 814, pp. 224-228, (2019)

#### 7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

特になし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

特になし

#### 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 富山大学工学部 (トヤマダイガクコウガクブ)

住 所: 〒930-8555

富山県富山市五福3190

担 当 者: 准教授 溝部浩志郎 (ジュンキョウジュ ミゾベコウシロウ)

担 当 部 署: 同上

E - m a i l: [kmizobe@eng.u-toyama.ac.jp](mailto:kmizobe@eng.u-toyama.ac.jp)

U R L: <http://enghp.eng.u-toyama.ac.jp/labs/me01/>